

ПОВЫШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Т.И. Чернышова, Н.З. Отхман

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор Д.Ю. Муромцев

Ключевые слова и фразы: информационные измерительные системы; метрологическая надежность; метрологическая характеристика.

Аннотация: Разработан метод повышения метрологической надежности по критерию вероятности сохранения метрологической исправности. Метод заключается в поиске оптимальных значений параметров элементной базы аналоговых блоков информационной измерительной системы, обеспечивающих максимальное значение показателя вероятности сохранения метрологической исправности в произвольный момент времени предстоящей оптимизации информационной измерительной системы.

Одной из главных характеристик качества электронных средств измерений (СИ), в том числе информационно-измерительных систем (ИИС), является метрологическая надежность.

Метрологическая надежность ИИС определяется метрологическими свойствами аналоговых блоков (АБ), составляющих измерительный канал таких систем, поэтому для оценки метрологической надежности (МН) ИИС необходимо определить показатели метрологической стабильности и надежности составляющих АБ [1].

Одной из важных задач, возникающих при проектировании АБ с максимальным уровнем метрологической надежности, является задача оптимального выбора параметров комплектующих элементов проектируемого АБ, обеспечивающих максимальную метрологическую надежность по критерию вероятности сохранения метрологической исправности $P_{\text{испр}}$.

Задача заключается в разработке метода повышения метрологической надежности по критерию вероятности сохранения метрологической исправности путем подбора номиналов элементов, в соответствии с условием

Чернышова Татьяна Ивановна – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», декан энергетического факультета; Отхман Набилъ Заки – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», e-mail: nabilothman@rambler.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

$$P_{\text{испр}} = P\{0 \leq \delta(t) \leq \delta_{\text{доп}}\} \rightarrow \max \text{ при } \delta(t, \vec{\varphi}) = \text{var}, y(t, \vec{\varphi}) \in A, \quad (1)$$

где $\delta_{\text{доп}}$ – допустимое значение погрешности; t – время эксплуатации, ч; $\vec{\varphi}$ – вектор внешних возмущающих воздействий; $y(t, \vec{\varphi})$ – совокупность выходных характеристик ИИС; A – область работоспособности. При этом рассматривается функционирование ИИС в неизменных нормальных условиях эксплуатации.

Задача (1) может быть решена в рамках процедуры схемотехнического проектирования исследуемого измерительного средства.

Исследования показали, что наиболее приемлемым при решении задачи оптимального выбора параметров комплектующих элементов является метод конфигураций, который легко может быть реализован при автоматизации оптимального выбора параметров комплектующих элементов измерительных средств на персональном компьютере.

Для решения поставленной задачи разработан алгоритм повышения метрологической надежности по критерию максимума вероятности метрологической исправности, представленный на рис. 1. Основные этапы реализации рассматриваемого алгоритма заключаются в следующем.

1. Вводятся параметры элементов, составляющих исследуемый АБ.

2. Проводится процедура математического моделирования метрологической характеристики (МХ), построения модели ее временного изменения, которая дает возможность оценить величину вероятности $P_{\text{испр}}^0$, и выбирается точка контроля t_k , в которой рассматривается процесс оптимизации. Значение момента времени t_k , выбирается из условия соответствия величины запаса по точности в этой временной точке выражению

$$\Delta = \delta_{\text{доп}} - \delta(t_k) = (0,1, \dots, 0,3)\delta_{\text{доп}}.$$

3. В случае несоответствия значения $P_{\text{исх}}$ максимуму выбираются элементы, позволяющие решать задачу оптимизации (1). Выбор элементов, подлежащих замене, осуществляется по величине нормируемой частной производной вида

$$G(\xi_j) = \frac{\bar{G}(\xi_j)\sigma_{\xi_j}}{\sqrt{\sum_j \bar{G}^2(\xi_j)\sigma_{\xi_j}^2}}, \quad j = 1, \dots, k; \quad (2)$$

где $\bar{G}(\xi_j) = \left| \frac{\partial S}{\partial \xi_j} \right|$ – значения частных производных, вычисленных по соответствующим параметрам комплектующих элементов блока; σ_{ξ_j} – среднеквадратическое отклонение j -го параметра комплектующего элемента блока; ξ_j – номинал элемента, $\xi_j \in \vec{\eta}$; $\vec{\eta}$ – вектор параметров комплектующих элементов.

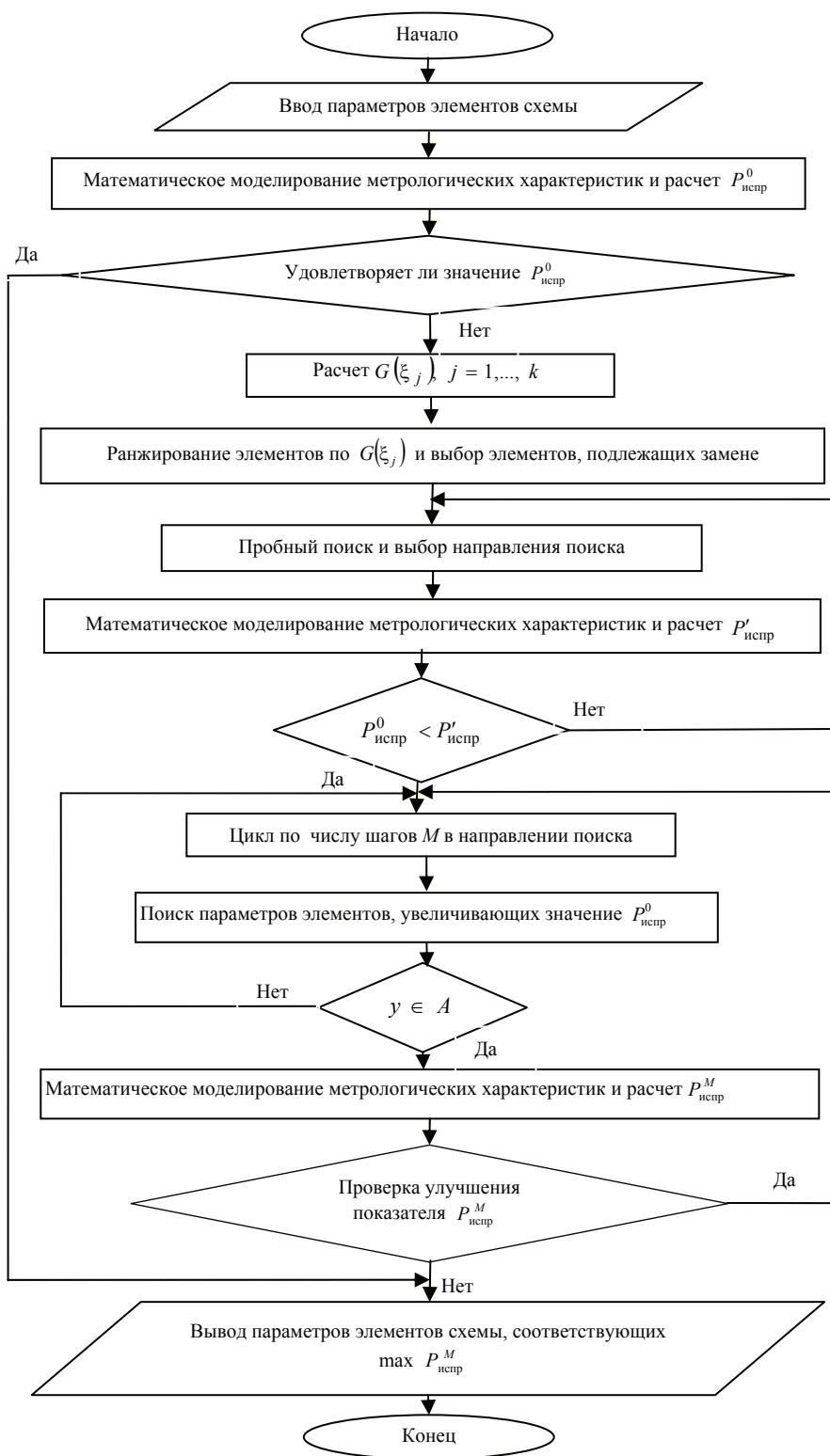


Рис. 1. Блок-схема алгоритма поиска максимального значения вероятности сохранения метрологической исправности

Таким образом, выделяются элементы в каждом АБ ИИС материалов, увеличение или уменьшение во времени номиналов которых вызывают максимальное изменение значений исследуемой метрологической характеристики S .

Выбранный критерий учитывает не только влияние номинальных значений элементов на исследуемую МХ аналогового блока, но и учитывает влияние их разброса σ_{ξ_j} (среднеквадратического отклонения).

4. Проводится пробный поиск и выбор направления поиска, и вновь осуществляется математическое моделирование МХ и определяется искомым параметр МН $P'_{испр}$, при этом проводится изменение выделенных элементов АБ в соответствии с выбранным методом параметрической оптимизации.

5. Если $P_{испр}^0 < P'_{испр}$, то проводится рабочий поиск параметров элементов в выбранном направлении и вычисляется новое значение показателя вероятности сохранения метрологической исправности, значение которого каждый раз сравнивается с предыдущим в процедуре рабочего поиска.

6. Параметрическая оптимизация и расчет значений вероятности сохранения метрологической исправности исследуемого АБ производится до тех пор, пока не будет достигнуто максимальное значение вероятности метрологической исправности.

Рассматриваемый алгоритм был реализован на примере блока усилителя с общим эмиттером (УОЭ), входящего в состав измерительного канала ИИС контроля качества объектов. Принципиальная схема блока представлена на рис 2.

Исследуемой метрологической характеристикой, позволяющей оценить метрологическую надежность блока УОЭ и ИИС в целом, является основная относительная погрешность. Исходными данными для параметрической оптимизации УОЭ являются номинальные значения параметров элементов схемы, данные о старении параметров элементной базы УОЭ, математическая модель основной относительной погрешности УОЭ, а также значения временных сечений, в которых проводится статистическое моделирование основной относительной погрешности УОЭ.

Математическое моделирование этого блока показало, что значение вероятности сохранения метрологической исправности составляет $P_{испр}^0 = 0,61$.

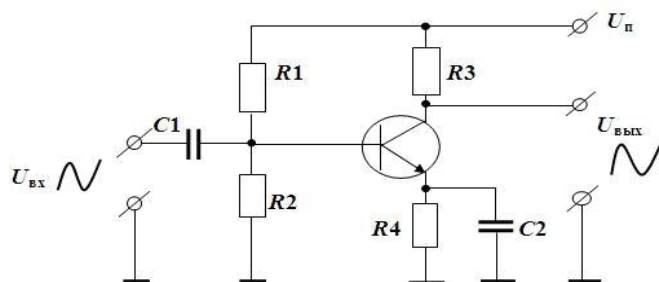


Рис. 2. Принципиальная схема усилителя с общим эмиттером

Решение задачи (1) по повышению вероятности метрологической исправности $P_{\text{испр}}$ выбранным методом показало необходимость замены элементов. Выбор элементов, подлежащих замене, осуществлялся по величине нормируемой частной производной (2). Расчет выявил необходимость замены номиналов двух элементов схемы $R_2 = 4,7$ кОм и $R_4 = 1$ кОм,

Повторное математическое моделирование УОЭ показало, что значение вероятности сохранения метрологической исправности составляет $P_{\text{испр}} = 0,83$, то есть решение задачи (1) для данного блока позволило увеличить значение исследуемого показателя МН с $P_{\text{испр}}^0 = 0,61$ до величины $P_{\text{испр}} = 0,83$ за счет изменения номиналов элементов блока.

Таким образом, решение задачи (1) дает возможность существенно повысить значение выбранного показателя МН при проектировании АБ и ИИС в целом.

Работа выполнена в рамках государственного контракта № 14.741.12.0150 федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Мищенко, С.В. Метрологическая надежность измерительных средств / С.В. Мищенко, Э.И. Цветков, Т.И. Чернышова. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 96 с.
2. Автоматизация схемотехнического проектирования : учеб. пособие для вузов / В.Н. Ильин [и др.] ; под ред. В.Н. Ильина. – М. : Радио и связь, 1987. – 386 с.

Improvement of Metrological Reliability of Information Measuring Systems

T.I. Chernyshova, N.Z. Otkhman

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: characteristic; information measuring system; metrological reliability; metrological.

Abstract: The paper presents the developed method for increasing the metrological reliability by the criterion of the probability of metrological serviceability preservation. The method consists in finding optimal parameter values of element base of analog blocks of information measuring systems that maximize the probability of the preservation value of the exponent of the metrological serviceability at any given time of the forthcoming optimization of information measuring system.

© Т.И. Чернышова, Н.З. Отхман, 2011